

51

Int. Cl. 2:

**G 01 M 19/00**

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

A 61 F 1/00

**DEUTSCHES**



**PATENTAMT**

Behördeneigentum

# Auslegeschrift **27 28 007**

11

21

22

43

44

Aktenzeichen: P 27 28 007.5-52

Anmeldetag: 22. 6. 77

Offenlegungstag: —

Bekanntmachungstag: 3. 8. 78

50

Unionspriorität:

32 33 31 —

54

Bezeichnung: Simulator zum Testen von Totalendoprothesen für das Hüftgelenk

71

Anmelder: Ungethüm, Michael, Dr., 7201 Rietheim

72

Erfinder: gleich Anmelder

55

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE-PS 24 18 956

DE 27 28 007 B 1

DE 27 28 007 B 1

## Patentansprüche:

1. Simulator zum Testen von Totalendoprothesen für das Hüftgelenk, mit einem an einem Rahmenges-  
tell gelagerten, schwenkoszillierend angetriebenen  
dreiaxialen Kardangelenke zur Aufnahme der Gelenk-  
pfanne im Schnittpunkt der Schwenkachsen  
sowie mit einer über ein Kreuzgelenk druckbeauf-  
schlagbaren Halterung zur Aufnahme der Gelenk-  
kopfprothese gegenüberliegend der Gelenkpfanne,  
gekennzeichnet durch einen gemeinsamen  
Zahnriemenantrieb (43) oder dgl., von dem einerseits  
Antriebsglieder (15, 28, 29) zu den einzelnen  
Gelenkteilen (9, 17, 23) des Kardangelenks (3) zur  
Erzeugung von deren Schwenkoszillierbewegungen  
in einer Frontal-, Transversal- und Sagittalebene  
geführt sind und andererseits ein Antriebsglied (42)  
über ein Federelement (40) auf die Gelenkkopfhal-  
terung (5) zu deren Druckbeaufschlagung einwirkt.

2. Simulator nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die Antriebsglieder Kurbelstangen (15,  
28, 29, 42) sind, die zwischen den Gelenkteilen (9, 17,  
23) bzw. der Halterung (5) und Kurbelzapfen  
(53—56) angreifen, die durch den Zahnriemenantrieb  
(43) oder dgl. umlaufend angetrieben sind.

3. Simulator nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das Antriebsglied zur Druckbeauf-  
schlagung der Gelenkkopfhalterung (5) eine Druck-  
stange ist, die einerseits an der Halterung angreift  
und andererseits von einer durch den Zahnriemen-  
trieb oder dgl. umlaufend angetriebenen Nocken-  
scheibe zur Erzeugung eines »double peak«-Druck-  
verlaufs beaufschlagt ist.

4. Simulator nach Anspruch 2, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der Umlaufradius der Kurbelzapfen  
(53—56) einstellbar ist.

5. Simulator nach einem der Ansprüche 2 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Winkelstellung der  
Kurbelzapfen (53—56) bzw. der Nockenscheibe  
zueinander einstellbar ist.

6. Simulator nach einem der Ansprüche 2 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der  
Kurbelstangen (15, 28, 29, 42) bzw. der Druckstange  
einstellbar ist.

7. Simulator nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
gekennzeichnet durch vier durch einen gemeinsa-  
men Zahnriemen (63) angetriebene Zahnriemen-  
scheiben (44—47), an die je ein Antriebsglied (15, 28,  
29, 42) zur Erzeugung der Schwenkoszillierbewe-  
gungen der Gelenkteile (9, 17, 23) des Kardange-  
lenks (3) in drei Ebenen und zur Druckbeaufschla-  
gung der Gelenkkopfhalterung (5) angeschlossen ist.

8. Simulator nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
gekennzeichnet durch eine Rahmenplatte (1), an  
deren Vorderseite das Kardangelenke (3) zur  
Aufnahme der Gelenkpfanne (4) mit ihrer Öffnung  
nach oben und darüber an einem Schwenkarm (33)  
über das Kreuzgelenk (32) die Gelenkkopfhalterung  
gelagert und an deren Rückseite der Zahnriemen-  
trieb (43) oder dgl. mit den Antriebsgliedern (15, 28,  
29, 42) angeordnet ist.

9. Simulator nach Anspruch 8, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß ein erstes Gelenkteil (9) des Kardange-  
lenks (3) mittels einer die Rahmenplatte (1)  
durchsetzenden Hohlwelle (10) schwenkbar an der  
Rahmenplatte gelagert ist und an der Hohlwelle in  
Abstand von der Schwenkachse (X) das Antriebs-  
glied (15) zur Erzeugung der Schwenkoszillierbewe-

gung in der Frontalebene angreift, daß ein zweites  
Gelenkteil (17) mit einer die Schwenkachse (X) des  
ersten Gelenkteiles (9) senkrecht schneidenden  
Schwenkachse (Y) an dem ersten Gelenkteil (9)  
gelagert ist und daß ein die Gelenkpfanne (4)  
aufnehmendes drittes Gelenkteil (23) mit einer die  
Schwenkachsen (X, Y) des ersten und zweiten  
Gelenkteils (9, 17) senkrecht schneidenden  
Schwenkachse (Z) an dem zweiten Gelenkteil (17)  
gelagert und mit einem die Hohlwelle (10) des ersten  
Gelenkteils (9) durchsetzenden Zapfen (27) versehen  
ist, an dem die Antriebsglieder (28, 29) zur  
Erzeugung der Schwenkoszillierbewegungen in der  
Transversal- und der Sagittalebene angreifen.

10. Simulator nach Anspruch 8 oder 9, gekenn-  
zeichnet durch einen doppelarmigen Federblattthe-  
bel (37), der mit dem die Gelenkkopfhalterung (5)  
tragenden Schwenkarm (33) um eine gemeinsame  
Achse (34) schwenkbar gelagert ist und dessen  
vorderes Ende (38) über ein Druckmeßelement (41)  
auf den Schwenkarm (33) drückt und an dessen  
rückwärtigem Ende (39) das Druckbeaufschlagungs-  
Antriebsglied (42) angreift.

11. Simulator nach einem der Ansprüche 8 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Rahmenplatte (1)  
schräg nach rückwärts geneigt ist und die Aufnah-  
meöffnung für die Gelenkpfanne (4) im Kardange-  
lenke (3) mit einem hochgezogenen, im wesentlichen  
horizontalen Öffnungsrand (26') ausgebildet ist.

12. Simulator nach einem der Ansprüche 8 bis 11  
mit den Ansprüchen 7 und 4, dadurch gekennzeich-  
net, daß stirnseitig an die Zahnriemenscheiben  
(44—47) radial einstellbar ein Kurbelzapfen (53—56)  
zum Angriff eines Antriebsglieds (15, 28, 29, 42)  
angeflanscht ist.

13. Simulator nach Anspruch 12 mit Anspruch 5,  
gekennzeichnet durch eine bezüglich der Zahnrie-  
menscheibe (44—47) winkeleinstellbare Stirnplatte  
(57), gegen die der Kurbelzapfen (53—56) radial  
einstellbar angeflanscht ist.

Für die Weiterentwicklung von Prothesen wie  
Totalendoprothesen für das Hüftgelenk hinsichtlich  
Material und Konstruktion sind Dauerprüfmöglichkei-  
ten unter simulierten physiologischen Bedingungen  
erforderlich. Simulierte physiologische Bedingungen  
bedeuten in erster Linie gleiche Bewegungs- und  
Kraftverhältnisse im Simulator wie im Hüftgelenk.

Aus der DE-PS 24 18 956, auf die zur näheren  
Erläuterung der Bewegungs- und Kraftverhältnisse  
Bezug genommen wird, ist ein Simulator zum Testen  
von Totalendoprothesen für das Hüftgelenk bekanntge-  
worden. Dieser Simulator zeichnet sich dadurch aus, daß  
mit ihm die Testung handelsüblicher Prothesen unter  
genau adaptierten physiologischen Bedingungen mög-  
lich ist. Es ist nicht nur eine dreiaxiale Bewegung der  
Gelenkpfanne gegeben, sondern auch eine Selbstzen-  
trierung des Gelenkes aufgrund der Anordnung eines  
Kreuzgelenkes an der Gelenkkopfhalterung. Außerdem  
sind sämtliche Schwenkwinkel der Gelenkpfanne und  
die »double peak«-Druckbeaufschlagung des Gelenk-  
kopfs zur Simulierung unterschiedlicher Gangarten  
einzeln variierbar. Die Antriebe zur Durchführung der  
Schwenkbewegungen der Gelenkpfanne und zur  
Druckbeaufschlagung des Gelenkkopfes arbeiten hy-

draulisch. Zur Variierung der Schwenkwinkel sind mit Endschaftern zusammenwirkende Fahnen, und zur Variierung der Schwenkgeschwindigkeit sowie der Höhe und des Verlaufs der Druckbeaufschlagung sind Druckbegrenzungs-, Druckminder- und Stromregelventile vorgesehen. Zur Erzielung einer Synchronisation der Schwenkbewegungen untereinander und der Druckbeaufschlagung wird die Schwenkbewegung in einer Ebene als Leitzzyklus bestimmt, so daß spätestens bei Beendigung der Schwenkbewegung in dieser Ebene auch die Schwenkbewegung in den anderen Ebenen und der Druckbeaufschlagungszyklus (Folgezyklen) umgesteuert werden, während bei vorzeitiger Beendigung eines Folgezyklus jeweils nur die betreffende Schwenkbewegung bzw. der Druckbeaufschlagungszyklus vorübergehend angehalten werden.

Durch die zahlreichen Variationsmöglichkeiten kann der Simulator nach dem DE-Patent 24 18 956 zwar Testergebnisse unter genau adaptierten physiologischen Bedingungen liefern, dafür muß aber ein erheblicher Bau- und Schaltungsaufwand in Kauf genommen werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Simulator zum Testen von Totalendoprothesen für das Hüftgelenk zu schaffen, der ohne wesentlichen Verzicht möglichst genauer Simulierung der physiologischen Bedingungen gegenüber dem oben beschriebenen Simulator nach dem DE-Patent 24 18 956 einen stark vereinfachten Aufbau besitzt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Simulator nach Anspruch 1 gelöst.

Der erfindungsgemäße Simulator zeichnet sich durch einen gemeinsamen Antrieb zur Durchführung sämtlicher Schwenkbewegungen und zur Erzeugung der Druckbelastung aus. Dieser gemeinsame Antrieb ist aus Gründen der Laufruhe zweckmäßig ein Zahnriementrieb, von dessen einzelnen Zahnriemenscheiben Antriebsglieder zu den einzelnen Gelenkteilen des die Gelenkpfanne aufnehmenden dreiaxialen Kardangelenks sowie zu der Halterung zur Aufnahme der Gelenkkopfprothese geführt sind. Aufgrund des gemeinsamen Antriebs entfallen sämtliche Synchronisationsprobleme. Wenn auch die Zyklusdauer für alle Schwenkbewegungen und für die Druckbeaufschlagung unveränderlich festliegt, so sind dennoch, wo gewünscht, die Schwenkamplitude und die Höhe der Druckbelastung einstellbar, indem z. B. bei Verwendung von Kurbelstangen als Antriebsglieder der Umlaufradius der Kurbelzapfen eingestellt wird. Durch Vorsehen einer Nocken- oder Kulissensteuerung für die auf die Halterung für die Gelenkkopfprothese einwirkende Druckstange ist selbst ein »double peak«-Druckverlauf simulierbar. Auch die gegenseitige Zuordnung der einzelnen Schwenkbewegungen der Gelenkpfanne und der Druckbeaufschlagung des Gelenkkopfs kann in einfacher Weise variiert werden, indem z. B. die Winkellage der einzelnen, mit den Zahnriemenscheiben drehfest verbundenen Kurbelzapfen für die Antriebsglieder nach Lockern des Zahnriemens nach Wunsch eingestellt wird. Oder es können die Kurbelzapfen winkeleinstellbar an die Zahnriemenscheiben angeflanscht sein.

Vorteilhaft sind das Kardangelenk zur Aufnahme der Gelenkpfanne und die Halterung zur Aufnahme der Gelenkkopfprothese leicht zugänglich und gut zu beobachtend an der Vorderseite einer schräg nach hinten geneigten Rahmenplatte gelagert, während der Antriebsmechanismus verdeckt hinter der Rahmenplat-

te liegt. Indem die Aufnahmeöffnung für die Gelenkpfanne im Kardangelenk nach oben öffnend und mit einem hochgezogenen, im wesentlichen horizontalen Öffnungsrand ausgebildet ist, kann bequem im offenen System Pseudosynovialflüssigkeit zwischen die Gleitflächen von Gelenkpfanne und Gelenkkopf eingeführt werden. Einer Abdichtungs-Gummimanschette, deren Abriebspartikel die Tests verfälschen könnten, bedarf es nicht.

Ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Simulators wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische perspektivische Vorderansicht eines erfindungsgemäßen Simulators,

Fig. 2 einen Längsmittelschnitt des Simulators von Fig. 1 und

Fig. 3 eine Rückansicht in Richtung des Pfeils III in Fig. 2.

An einer schräg nach rückwärts geneigten Rahmenplatte 1, die durch ein Gestell 2 abgestützt ist, ist an deren Vorderseite ein dreiaxiales Kardangelenk 3 zur Aufnahme einer Gelenkpfanne 4 und darüber eine Halterung 5 für einen Gelenkkopf 6 einer Hüftgelenk-Totalendoprothese gelagert. Der gemeinsame Antrieb 7 zur Erzeugung der Schwenkoszillierbewegungen der drei Gelenkteile des Kardangelenks 3 sowie zur Druckbeaufschlagung der Halterung 5 befindet sich mit Ausnahme des Antriebsgetriebemotors 8 auf der Rückseite der Rahmenplatte 1.

Das Kardangelenk 3 besitzt ein in einer zur Rahmenplatte 1 parallelen Ebene (Frontalebene) schwenkbar gelagertes erstes Gelenkteil 9, das mit einer angeschraubten Hohlwelle 10 die Rahmenplatte durchsetzt. Die Lagerung ist durch zwei Kugellager 11 und 12 verwirklicht, die zwischen der Hohlwelle 10 und einer gegen die Rückseite der Rahmenplatte geschraubten Buchse 13 angreifen. Ein mit der Hohlwelle 10 in Abstand von der Schwenkachse X fest verbundener Zapfen 14 dient zum Angriff eines Antriebsglieds 15.

In einem Sockel 16 des ersten Gelenkteils 9 ist um eine zweite Schwenkachse Y in einer Ebene senkrecht zur Rahmenplatte 1 (Transversalebene) ein zweites Gelenkteil 17 mittels Nadellagern 18 und 19 gelagert. Dieses zweite Gelenkteil 17 trägt zwischen zwei Ansätzen 20 und 21 einen Zapfen 22 zur schwenkbaren Lagerung eines dritten Gelenkteils 23 um eine Achse Z in einer zur Frontal- und Transversalebene senkrechten Ebene (Sagittalebene). Die Schwenkachsen X, Y und Z schneiden sich in einem Punkt. Das dritte Gelenkteil 23 weist eine nach oben öffnende Öffnung 24 mit einem in der dargestellten Mittelstellung im wesentlichen horizontalen Öffnungsrand 25 zur Aufnahme eines Pfannenadapters 26 auf. Der mit dem dritten Gelenkteil fest verschraubbare Pfannenadapter 26 dient zur Einzementierung der Gelenkpfanne 4 der zu testenden Totalendoprothese, und zwar derart, daß der Pfannenmittelpunkt exakt in den Schnittpunkt der drei Schwenkachsen fällt. Ein hochgezogener Öffnungsrand 26' am Pfannenadapter 26 erlaubt, den Test im Beisein von Pseudosynovialflüssigkeit durchzuführen. Am rückwärtigen Ende eines die Hohlwelle 10 des ersten Gelenkteils 9 durchsetzenden Verlängerungszapfens 27 des dritten Gelenkteils 23 greifen im wesentlichen senkrecht zu den Schwenkachsen Y und Z zwei Antriebsglieder 28 und 29 an, die Schwenkoszillierbewegungen einerseits des zweiten Gelenkteils 17 um die Y-Achse und andererseits des dritten Gelenkteils 23 um die Z-Achse verursachen können.

Die Halterung 5 dient zur Aufnahme des Schaftes 30 des in die Gelenkpfanne 4 im wesentlichen senkrecht nach unten eingreifenden Gelenkkopfes 6. Die Halterung 5 ist höhenstellbar an einen Tragarm 31 geschraubt, der seinerseits zur Schaffung einer Selbstzentrierbarkeit der zu testenden Gelenkprothese über ein Kreuzgelenk 32 an einem Schwenkarm 33 hängt. Der Schwenkarm 33 wiederum ist auf einer horizontalen Achse 34 gelagert, die sich zwischen zwei an die Rahmenplatte 1 geschraubten Wangen 35 und 36 erstreckt.

Auf derselben Achse 34, die den Schwenkarm 33 trägt, ist auch ein doppelarmiger Federblatthebel 37 gelagert, der ein vorderes Druckstück 38 und ein hinteres Angriffsstück 39 aufweist, die im dargestellten Fall durch vier in Abstand neben- und übereinander angeordnete Federblätter 40 miteinander verbunden sind. Der Hebel 37 drückt mit einem an das vordere Ende des Druckstückes 38 angeschraubten Druckmeßelement 41 über den Schwenkarm 33, das Kreuzgelenk 32 und den Tragarm 31 auf die Halterung 5 mit der einzementierten Gelenkkopfprothese 6, während am Angriffsstück 39 des Hebels 37 ein Antriebsglied 42 zur Druckbeaufschlagung der Gelenkkopfprothese angelenkt ist.

Der Antrieb 7 des Simulators weist auf der Rückseite der Rahmenplatte 1 einen Zahnriementrieb 43 mit einer Zahnriemenscheibe 44, 45, 46 und 47 für jedes Antriebsglied 15, 28, 29 bzw. 42 sowie eine Antriebsriemenscheibe 48 und eine Spannrolle 49 auf. Die Antriebsriemenscheibe 48 ist auf die die Rahmenplatte 1 durchsetzende Antriebswelle 50 der auf die Vorderseite der Rahmenplatte geflanschten Antriebsgetriebemotoreinheit 8 aufgekeilt. Die Zahnriemenscheiben 44—47, die gleichen Aufbau und gleichen Durchmesser besitzen, sitzen mittels Kegelrollenlagern 51 auf an die Rückseite der Rahmenplatte 1 angeschraubten Lagerzapfen 52.

An jede der Zahnriemenscheiben 44—47 ist stirnseitig ein Zapfen 53—56 zum Angriff der Antriebsglieder

15, 28, 29, 42 angeflanscht. Die Winkeleinstellung erfolgt mittels einer an die Zahnriemenscheibe angeschraubten ersten Stirnplatte 57 mit kreisbogenförmigen Durchtrittsschlitz 58, 59 für die Befestigungsschrauben 60.

Die radiale Einstellung erfolgt mittels einer den Kurbelzapfen tragenden zweiten Stirnplatte 61, die radial einstellbar an die erste Stirnplatte 57 geschraubt ist. In der Zeichnung nehmen die Kurbelzapfen eine zur jeweiligen Zahnriemenscheibe zentrische Lage ein. In diesem Fall findet weder eine Schwenkoszillierungsbewegung des Kardangelenkes 3 noch eine Druckbeaufschlagung der Halterung 5 statt.

Die Antriebsglieder 15, 28, 29 und 42 sind nach Art von Spannschlössern ausgebildet, so daß Längeneinstellbewegungen möglich sind. An ihren Anlenkstellen greifen die Antriebsglieder mittels Kugelgelenken 62 an.

Durch Inbetriebsetzen der Antriebsgetriebemotoreinheit 8 treibt die Antriebsriemenscheibe 48 über den Zahnriemen 63 die Zahnriemenscheiben 44 bis 47 mit gleicher Drehgeschwindigkeit an. Sofern die Kurbelzapfen 53—56 außermittig an die Zahnriemenscheiben angeflanscht worden sind, werden über die Antriebsglieder 15, 28 und 29 sinusförmige Schwenkoszillierungsbewegungen der einzelnen Gelenkteile des Kardangelenkes und über das Antriebsglied 42 eine sinusförmige Druckbeaufschlagung der Halterung 5 hervorgerufen.

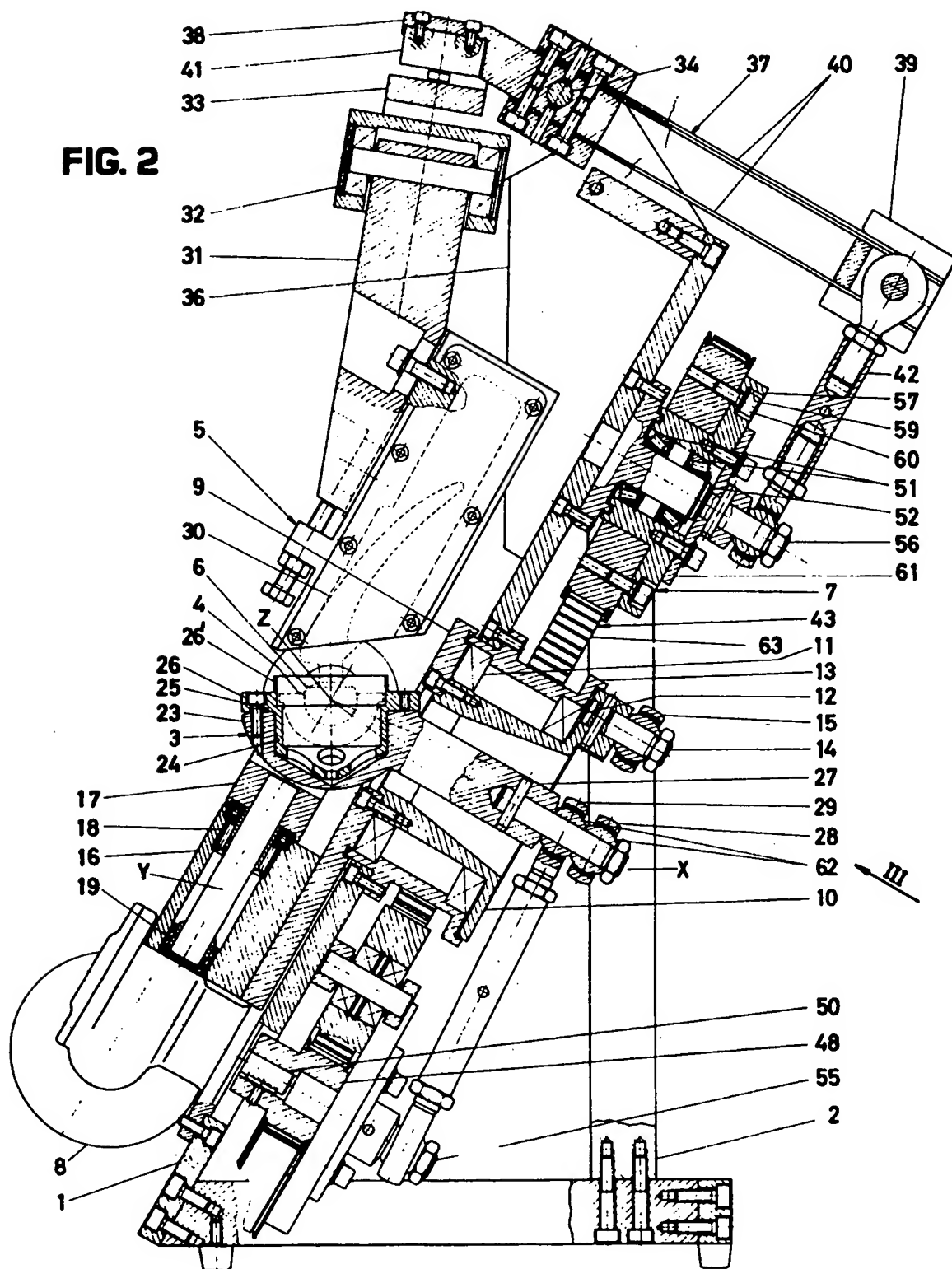
Die Schwenkamplitude und die Höhe der Druckbelastung können durch Einstellen des radialen Abstands des jeweiligen Kurbelzapfens zum Drehpunkt der Zahnriemenscheibe eingestellt werden. Die Druckbeaufschlagung der Halterung ist auch durch Austausch der Federblätter 40 veränderbar. Die gegenseitige Zuordnung der einzelnen Schwenkbewegungen der Gelenkteile und der Druckbeaufschlagung ist durch Verdrehen der Stirnplatten 57 nach Lösen der Befestigungsschrauben 60 oder durch Verdrehen der ganzen Zahnriemenscheibe nach Lockern des Zahnriemens 63 einstellbar. Eine Längenverstellung der Antriebsglieder hat bei den Schwenkoszillierungsbewegungen eine Verlagerung der ganzen Bewegung zur Folge.

---

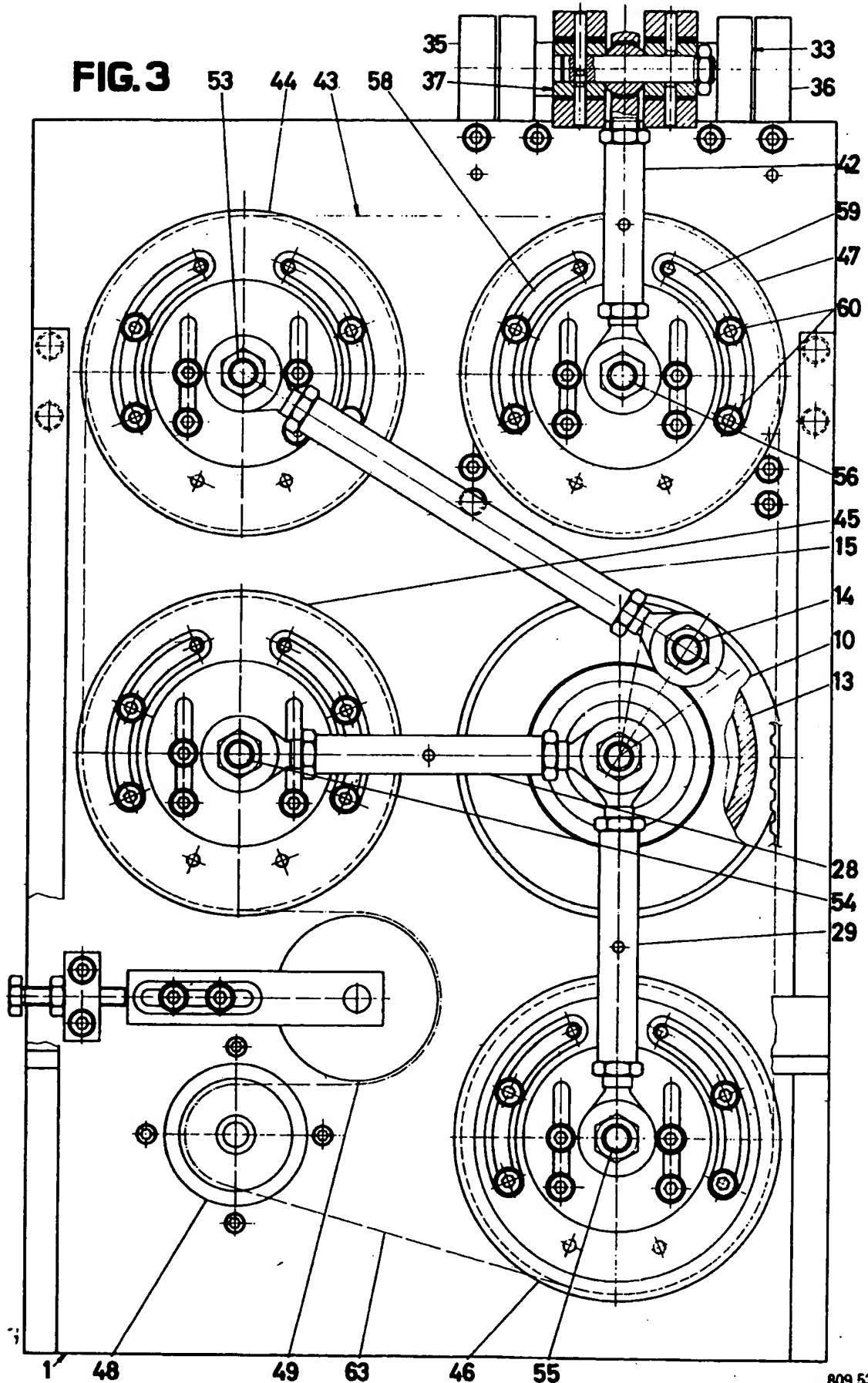
Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

---

FIG. 2



**FIG. 3**



**FIG. 1**

